

⑦ 6

⑬ 日本国特許庁(J P)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-194206

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 昭和63年(1988)8月11日

G 02 B 6/12

M-8507-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑬ 発明の名称 石英系光導波路の製造方法

⑭ 特 願 昭62-27696

⑮ 出 願 昭62(1987)2月9日

⑯ 発 明 者	杉 田 彰 夫	茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内
⑯ 発 明 者	高 戸 範 夫	茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内
⑯ 発 明 者	住 田 真	茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内
⑯ 発 明 者	河 内 正 夫	茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内
⑰ 出 願 人	日本電信電話株式会社	東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
⑱ 代 理 人	弁理士 雨宮 正季	

#### 明 細 書

発明の名称

石英系光導波路の製造方法

特許請求の範囲

(1) 基板上に形成された石英系光導波膜表面にポリイミド膜を所望のパターン状に形成し、続いて該パターン状ポリイミド膜をマスクとして、フッ素系ガスを用いたドライエッチングにより石英系光導波膜を加工することを特徴とする石英系光導波路の製造方法。

発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

本発明は、石英系光導波路の製造方法、さらに詳細には石英系ガラスを用いた光導波路の製造方法に関する。

(発明の従来技術)

石英系光導波路は、基板上に形成された石英系光導波膜にドライエッチング加工を施すことにより作製される。従来、作製には石英系光導波膜上に、まず非晶質シリコン膜(以下a-Si膜と略記)Tiなどの金属膜あるいはCaF<sub>2</sub>などの金属フッ化物膜を形成し、続いてフォトレジスト膜を塗布し、フォトリソグラフィの工程によりフォトレジスト膜を所望の光導波路パターン状にパターン化した後、パターン状フォトレジスト膜をマスクとしてa-Si膜、金属膜あるいは金属フッ化物膜をドライエッチング法によりパターン化し、続いてパターン状のa-Si膜、金属膜または金属フッ化物膜をマスクとして最終的に石英系光導波膜をドライエッチングする方法が用いられていた。

石英系光導波膜をドライエッチングする際のマスク材は、たとえばTi金属膜やCaF<sub>2</sub>金属フッ化物膜では1μm程度までの厚膜化が限度であり、a-Si膜でも10μm厚が限度で、この場合膜形成に数時間以上を要するとう欠点があった。このため、数μm厚程度のマスク材を用いて、単一モ-

ドあるいは多モード光ファイバと整合する厚さ10 $\mu\text{m}$ あるいは50 $\mu\text{m}$ 程度の石英系光導波膜を加工することになるため、石英系導波膜とマスク材とのエッチング速度比（選択比）は10:1以上が要求されるという事情があった。

従来、石英系光導波膜の加工においては、このように高い選択比を得るため、光導波膜のエッチング時にマスク材表面にカーボンのフッ化物を重合膜として形成させていたが、マスクパターン上面や側面にこの重合膜が不均一に付着するため光導波路パターン側面の荒れの発生を招き、光導波路伝搬損失の原因となり大きな問題点となっていた。

また、マスク材として通常用いられているフォトレジスト（例えば、マイクロポジット1400（シプレー社製）シリーズ、OPPR（東京応化社製））を使用した場合、10 $\mu\text{m}$ 程度まで厚膜化でき、単一モード系に使用可能な膜厚であるという利点があるが、耐熱性に劣るため、光導波膜エッチングの際、マスクパターンが劣化し、忠実なパターン

転写できないという欠点があり、光導波膜の加工には不適であった。

#### 〔発明の概要〕

本発明は上記欠点を除去することを目的とするものである。したがって本発明による第一の目的は、厚膜化が容易で、石英系光導波膜に対し良好な選択比を有することがなくとも、良好に光導波膜を加工可能なマスク材提供することである。本発明による第二の目的は、上記のような厚膜化の容易なマスク材を使用して、石英導波膜を加工し、伝搬損失の小さな石英系光導波路を製造する方法を提供することである。

本発明の他の目的は、以下の記述により、さらに明らかになる。

前述のような目的を達成するために、本発明は、基板上に形成された石英系光導波膜表面にポリイミド膜を所望のパターン状に形成し、続いて該パターン状ポリイミド膜をマスクとして、フッ素系ガスをを用いたドライエッチングにより石英系光導

波膜を加工することを特徴としている。

本発明者らは、種々の膜状物質の厚膜化およびドライエッチング特性を鋭意検討した結果、ポリイミド膜が石英系光導波膜に対して選択比1~5を与え、100 $\mu\text{m}$ 程度の厚膜化ができ、ドライエッチングによるパターンの劣化がないことを見出し、本発明に至ったものであり、ポリイミド膜をマスク材として、厚膜の石英系導波膜を加工し、低伝搬損失の石英系光導波路を製造したものである。

#### 〔発明の具体的説明〕

以下、図面により本発明を詳細に説明する。

本発明の基本的な光導波路の製造方法のプロセスを第1図に示す。すなわち第1図は、本発明による石英系光導波路の製造工程図である。

第1図(a)は基板1上に堆積された石英系光導波膜2を示す。

基板1としては、石英系光導波路の基板として使用されるものであれば、基本的にいかなるもの

でもよい。たとえば石英ガラス板またはシリコン結晶板を用いることができる。

また、石英系光導波膜2の形成方法および組成は、本発明において基本的に限定されるものではなく、たとえば、 $\text{SiCl}_4$ を主成分とし、 $\text{GeCl}_4$ 、 $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{BCl}_3$ 、 $\text{PCl}_3$ 等をドーパントとするガラス形成原料ガスの熱酸化反応または火炎加水分解反応により形成することができる。

本発明では第1図(b)に示すようにまず石英系光導波膜上にポリイミド膜3を所望のパターン状に形成する。このポリイミド膜31のパターン形成方法は基本的に限定されるものではない。たとえば感光性ポリイミド膜を形成し、このポリイミド膜に光を照射して現像、リンスしてパターン化を行い、キュアして形成してもよい。また、ポリイミド膜に有機金属含有ネガ型レジストを塗布し、所望パターン状に光を照射し、現像リンスしてレジスト層をパターン化し、このパターンをマスクとしてエッチングし、ポリイミド膜をパターン化することも可能である。

次に第1図(c)に示すようにパターン状ポリイミド膜31をマスクとして $CF_4$ 、 $C_2F_6$ 、 $C_3F_8$ 等の一種以上であるフッ素系ガス中で、石英系光導波膜2をドライエッチングし、光導波路21を形成する。

最後に、第1図(d)に示すように残存したポリイミド膜を除去し、工程は終了する。

本発明者の検討によるとポリイミド膜と石英系光導波膜の選択比は2～5程度が得られ、光導波膜のエッチング中にポリイミド膜パターン側面もこの選択比に対応してエッチングされ重合物の付着がないので側面荒れのない光導波路の形成が期待できる。

また第1図において、ポリイミドは $100\mu m$ 程度までの膜厚が得られるので、例えば選択比2.5で $200\mu m$ 厚の光導波膜の加工に対しても充分対応できる。

#### 実施例1

基板1としてシリコンウェハ、光導波膜2とし

波路パターンを用い、エッチング後の光導波路幅は $44\mu m$ で $11\mu m$ の線幅減少があった。この直線光導波路の特性を調べ、伝搬損失 $0.04dB/cm$ を得た。 $a-Si$ 膜を使用した場合の $0.2dB/cm$ に比べて大きく改善された。

#### 実施例2

基板1としてシリコンウェハ、光導波膜2としてバッファ層 $20\mu m$ 、コア層 $10\mu m$ 厚のシングルモード用 $SiO_2-TiO_2$ ガラス膜を用いた。この実施例ではパターン状ポリイミド膜を得るのに、2層レジスト法を用いてパターン形成した。すなわち、第3図(a)に示すように、光導波膜2上に下層レジストとしてポリイミド膜を塗布キュア後、上層レジストとして有機金属含有ネガ型レジストを塗布しベークした後、所望のパターン状に光を照射し、現像リンスし上層レジストをパターン化、このパターンをマスクとして、酸素系ガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)により下層レジストである上記ポリイミド膜をパターン化

てバッファ層 $20\mu m$ 、コア層 $50\mu m$ 厚の $SiO_2-TiO_2$ ガラス膜を用いた。コア層はバッファ層より約1%大きい屈折率値を有する。この実施例では第1図(b)に対応するパターン状ポリイミド膜を得るのに、感光性ポリイミド膜をフォトリソグラフィ工程によってパターン形成した。すなわち第2図(a)に示すように、光導波膜2上に感光性ポリイミド膜3を塗布しベーク後、第2図(b)に示すように所望のパターン状に光を照射し、現像、リンスしてパターン化し、キュアを行った。続いて、第2図(c)に示すように、平行平板型の反応性イオンエッチング(RIE)装置、エッチャントガスとして $C_2F_6$ を用いてドライエッチングすることにより $70\mu m$ 厚の光導波膜を完全に加工することができた。エッチング終了後、カロ酸により残留ポリイミド膜を除去した(第2図(d))。

上述の工程で感光性ポリイミド膜としてCiba-Geigy社製Probimide 348  $45\mu m$ 厚を用い、光導波膜エッチング後の残膜は $15\mu m$ 厚で、選択比は約2.3であった。パターンには $55\mu m$ 幅の直線導

した(第3図(b))。

続いて、 $C_2F_6$ と $C_2H_4$ の混合ガスを用いた反応性イオンエッチングでコア層 $10\mu m$ を加工した(第3図(c))。加工後カロ酸により残存ポリイミド膜を除去した(第3図(d))。上記工程で上層レジスト膜として東洋曹達工業社製SNR(M-4)  $0.5\mu m$ 厚、下層ポリイミド膜にはデュボン社製PI-2555  $4\mu m$ 厚、パターンには8、 $10\mu m$ 幅の直線導波路および間隔 $2\mu m$ の方向性結合器パターンを用いた。導波膜エッチング後、ポリイミド膜の残膜は $1.8\mu m$ で選択比は約4.5であり、光導波路幅は $1\mu m$ 減少、 $3\mu m$ 間隔の方向性結合器が得られた。

#### 実施例3

本実施例では、埋込み形光導波路の2次加工に応用した場合について示す。光導波回路による光部品を実現する上で光ファイバとの接続法が1つの課題となっている。解決方法の1つにファイバガイド溝による接続法がある。ここでは、このガ

イド溝の形成について述べる。すなわち、第4図(a)に示すように埋込まれた単一モード光導波路上に感光性ポリイミド膜を塗布・プリベーク後、石英系単一モード光ファイバ挿入用の溝状に露光し、現像、リンス後キュアーし、厚さ $30\mu\text{m}$ のポリイミドパターンを形成した(第4図(b))。

続いて $\text{C}_2\text{F}_6$ と $\text{C}_2\text{H}_4$ の混合ガスを用いたRIEで深さ $70\mu\text{m}$ 加工し、残存ポリイミドを除去しガイド溝を形成した(第4図(c))。このように形成したガイド溝を用いた場合の接続損失は $1\text{dB}$ 以下であり、実用に十分使用できる結果が得られた。

このように、ポリイミドを用いた光導波路の製造では、導波路のみならず、ガイド溝などの2次加工にも適応できる。特に2次加工での深いエッチング加工では、従来の $\text{a-Si}$ マスクや $\text{Ti}$ などの金属マスクでは厚膜が必要となるため膜形成に時間がかかるだけでなく、下地パターンが見えなくなるので、新たなアライメント用パターンの形成が必要となる。この工程数が多くなる分アライメ

ント精度が低下してしまう。したがって、ポリイミドによる加工は時間および精度の両面で有利である。

#### 実施例4

本実施例では、リッジ型単一モード導波路すなわち段差のある基板にガイド溝を形成した場合を示す。加工工程を次に述べる。

リッジ型単一モード光導波路上に感光性ポリイミド膜を塗布、プリベークする(第5図(a))。ポリイミド膜により、リッジ部分の凹凸は平坦化される。次にガイド溝状に露光し、現像リンス後キュアーする(第5図(b))。

続いて $\text{C}_2\text{F}_6$ と $\text{C}_2\text{H}_4$ の混合ガスを用いたRIEにより石英系ガラスを加工し、残存ポリイミドを除去し、ガイド溝を得る(第5図(c))。

上記工程において導波路コア部 $10\mu\text{m}$ 角、クラッド層 $3\mu\text{m}$ のリッジ型導波路で $30\mu\text{m}$ のパッパ層を下地のシリコン基板が露出するまでエッチング加工した。シリコンのエッチング速度は石英

系膜の約20分の1なのでオーバーエッチングすることでリッジ部分の段差はシリコン面上では $0.5\mu\text{m}$ 程度まで減少させられた。このガイド溝を用いた石英系ファイバとの接続では接続損失約 $1\text{dB}$ が得られた。

本実施例のように段差のある場合、 $\text{a-Si}$ や $\text{Ti}$ などをマスクとして用いては均一な膜厚や平坦化は困難であり、特に精度要求される場合は条件を満足できないと予想される。ポリイミドの場合は液体であるので平坦化ができ精度よく加工ができる。

以上の実施例ではポリイミド単層あるいは2層レジスト法について述べたが、下層にポリイミドを用いた多層レジストを用いても同様に作製できる。

#### (発明の効果)

以上説明したように、本発明のポリイミド膜をマスク材とする加工法によれば、 $100\mu\text{m}$ 程度の厚膜化ができるので、導波路伝搬損失の原因と

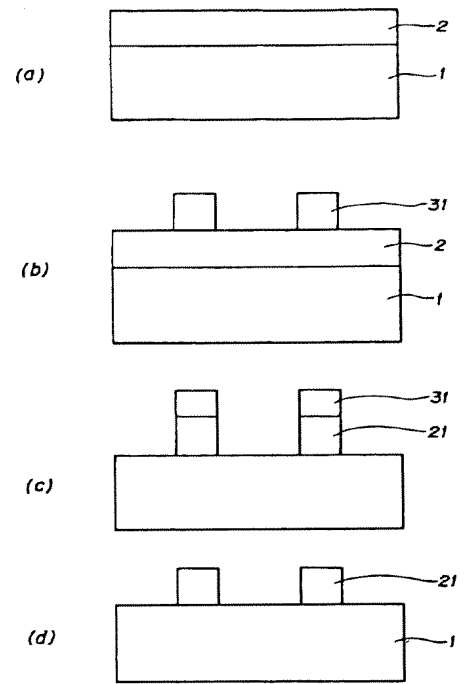
なる導波路の側面荒れの発生が抑制できる。選択比5以下の条件でも厚膜の石英系光導波路の加工、およびガイド溝などの2次加工にも精度よく加工することができる。本発明の方法で製造される石英系光導波路は、その高品質加工を活かして、光分岐・合流素子や光分波合波素子等を大量一括生産するのに適当であり、光通信用光回路部品の高性能化、低価格化への貢献が大である。

#### 図面の簡単な説明

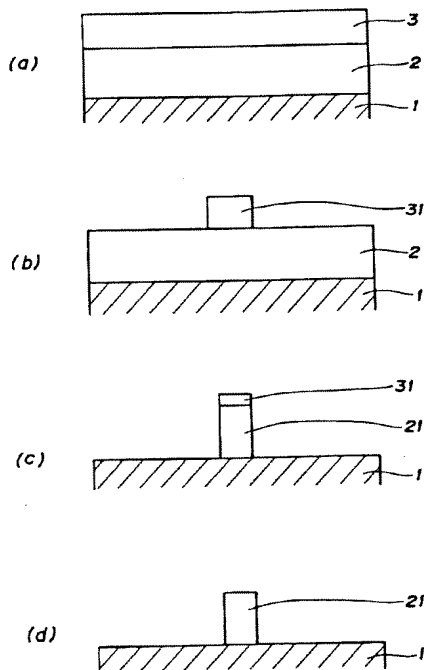
第1図は本発明の基本的な製造工程図、第2図は本発明製造方法による第1の実施例の光導波路製造工程の断面図、第3図は本発明製造方法による第2の実施例の光導波路製造工程の断面図、第4図は本発明製造方法による第3の実施例の光導波路2次加工の工程図、第5図は本発明の製造方法による第4の実施例の光導波路2次加工の工程図。

1・・・基板、2・・・光導波膜、21・・・加工された光導波膜（光導波路）、22・・・クラッド層、23・・・パツファ層、3・・・感光性ポリイミド、31・・・パターン化されたポリイミド膜、4・・・感光性あるいは非感光性ポリイミド膜、41・・・パターン化されたポリイミド膜、5・・・有機金属含有レジスト、51・・・パターン化された有機金属含有レジスト、

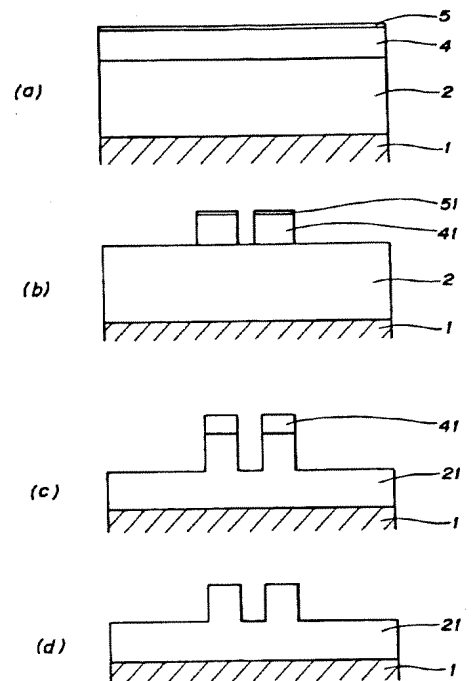
出願人代理人 雨宮 正季



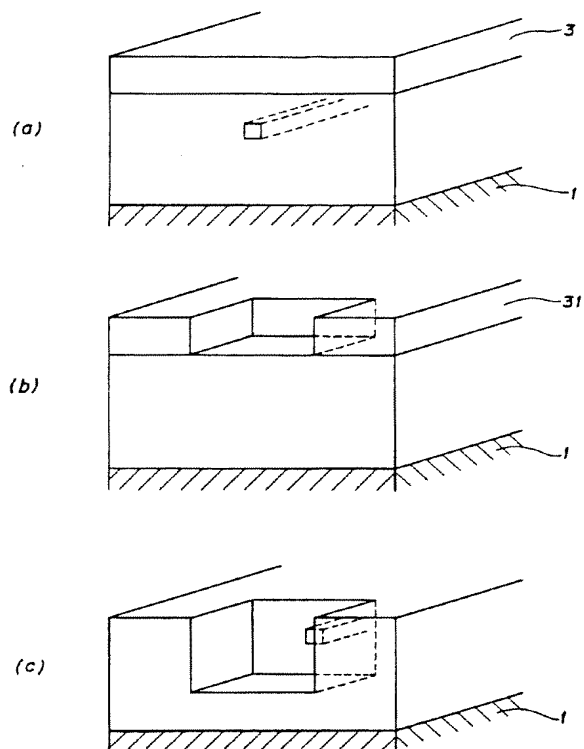
第 1 図



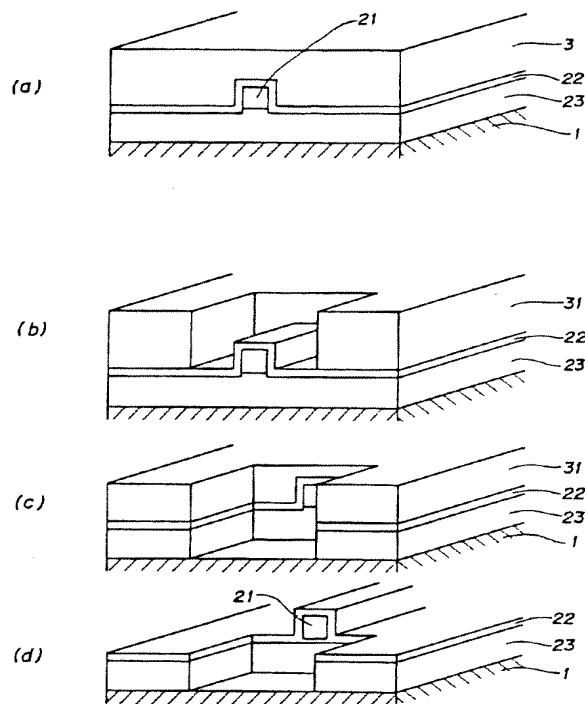
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図